

ОТЗЫВ

официального оппонента, доктор технических наук

Афони́на Дми́рия Андре́евича на диссертацию

Хатум Хабиб Мазен на тему:

«Геодезический мониторинг деформаций приповерхностных сооружений метрополитена на основе автоматизированного и перманентного их контроля», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 25.00.32 - Геодезия

Актуальность избранной темы

Развитие технологий строительства тоннелей особенно тоннелей метро сталкиваются с сложными задачами, требующими применения решений по сохранности памятников всемирного наследия, жесткими требованиями контроля за осадками дневной поверхности, сжатыми сроками строительства в условиях жесткой бюджетной политики и конкуренции. В таких условиях автоматизация геодезических измерений и их связь с геотехнической оценкой условий строительства становится критическим аспектом успеха реализации подземного строительства. В этой связи разработка новой технологической цепочки, включающей оценку, контроль и управление деформационными процессами сооружений на базе современных электронных приборов, представляется весьма актуальной научной задачей.

Автором диссертационной работы рассматривается создание деформационной сети для перманентного мониторинга грунтовой выемки, создаваемой для строительства вестибюля метро. Объект экспериментального исследования выбран удачно, т.к. станции метро (вестибюли), как правило, создают на застроенных территориях, и связан с обеспечением безопасных условий эксплуатации, как для самого объекта, так и окружающей его территории (автомагистраль, здания и сооружения). В качестве средства измерений используется роботизированный тахеометр. В диссертации предложены комплексные исследования, включающие проектирование и оценку точности (моделирование) деформационной сети, расчет параметров влияния грунтовой выработки (котлована) на земную поверхность для определения мест заложения тахеометрической станции и для выявления мест расположения деформационных марок, оценку стабильности пунктов деформационной сети и вида возможных деформаций. Решение обозначенных вопросов, безусловно, является актуальным.

Автор опирается на широкий круг работ, посвященных как обработке геодезических измерений, учету конфигурации геометрической, деформационной сети, так и оценке деформаций различных объектов. Таким

ОТЗЫВ

ВХ. № 9-129 от 12.05.2.
ЛУ МС

образом, актуальность диссертации не вызывает сомнений и ее результаты, конкретизированные к строительству метро в Эр-Рияде (Саудовская Аравия), будут весьма полезны и для России.

Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций

Первое научное защищаемое положение: «Обеспечение точности и стабильности положения станции наблюдений при геодезическом мониторинге деформаций инженерных сооружений с использованием роботизированных тахеометров достигается применением разработанного программного алгоритма и моделированием для конкретной ситуации оптимальной конфигурации деформационной сети с дальнейшей проверкой на каждом цикле измерений относительных смещений исходных пунктов».

Автором проведен анализ существующих подходов и методов оценки точности положения вставляемой точки. Был изучен метод обратной засечке и проведено сравнение между традиционным упрощенным методом и другим строгим подходом, основанным на методе наименьших квадратов (МНК). Разработанный алгоритм основан на обработке как углового, так и линейного измерения с произвольным числом начальных точек. Результаты моделирования наглядно продемонстрировали известный вывод, о том, что строгий метод приводит к более точным результатам относительно упрощенного. Модельные расчеты для оценки средней квадратической погрешности (СКП) определения положения вставляемой точки с широкой вариацией линейно-угловых величин и количества исходных точек позволяют использовать их для дальнейшей оптимизации конфигурации геодезической сети.

Кроме того, автор предлагает упрощенный метод на основе разработанного алгоритма, позволяющего обнаруживать любые смещения в геодезической сети; это включает в себя как смещение исходных точек, так и самого тахеометра. Этот подход основан на сравнении остаточной матрицы в каждом цикле измерения с матрицей начального цикла измерений. Кроме того, чтобы обнаружить любое смещение между любыми двумя циклами, требуется только сравнить их соответствующие остаточные матрицы. Таким образом, положение можно считать доказанным.

Второе положение. Оценка деформационного процесса грунтовой выемки по данным геодезических измерений наиболее эффективно может быть выполнена с учетом уточнения мест расположения роботизированной тахеометрической станции и деформационных марок на основе моделирования напряженно-деформированного состояния грунта по разработанной программе, реализующей метод конечных элементов.

В нормативных документах регламентируется при наблюдениях за деформациями располагать исходные и съемочные пункты вне зоны влияния строящегося объекта (грунтовая выемка, здание или сооружение). Кроме того, деформационные марки должны быть расположены в зонах, где возникнут наибольшие деформации. Таким образом, возникает актуальный вопрос определения этих зон.

Автором разработан программный комплекс (ПК) «Котлован», реализующий метод конечных элементов (МКЭ) применительно к оценке смещений грунтового массива, вмещающего котлован. В ПК «Котлован» вводятся размеры модели, размеры грунтовой выемки, физико-механические характеристики массива грунта. Программа по этим данным разбивает область на треугольные элементы и рассчитывает смещения грунтового массива, используя стандартный алгоритм МКЭ для упругопластической модели. Результаты моделирования позволили определиться с размещением и тахеометрические станции, и деформационных марок на обнажении котлована. По расчету наибольшие деформации наблюдаются в средней части выемки, поэтому в ней было рекомендовано располагать деформационные марки. Также расчетами показано, что в торцевых участках выемки (в плане) горизонтальные деформации меньше, чем в зоне длинных сторон, поэтому эти места были выбраны для установки постоянно-действующей тахеометрической станции. Таким образом, второе положение также следует признать доказанным.

Третье положение. Геодезический мониторинг деформаций грунтовых выемок целесообразно выполнять по оригинальной схеме, предусматривающей разработанные алгоритмы по оптимизации расположения пунктов деформационной сети и учету деформированного состояния грунтового массива, а также по прогнозу развития процесса деформирования на основе сравнения остаточных и ковариационных матриц ошибок измерений на каждом цикле наблюдений.

Автором разработана общая схема геодезического мониторинга инженерных приповерхностных сооружений. Первый этап. Выполняется проектирование деформационной сети. Второй этап - геодезические измерения и третий - обработка результатов измерений. Отличия от традиционных подходов состоят в следующем. Первый этап разбит на два подэтапа, показывающие необходимость сочетания геодезических измерений и геомеханических данных. Сбор геомеханических данных (подэтап А) – это собственно моделирование напряженно-деформированного состояния грунтового массива, вмещающего котлован. При этом моделирование деформационной сети (подэтап Б) основывается на решении трех основных

задач: 1 - оценка точности, выбор расположения тахеометрической станции с учетом конфигурации квазиопорных пунктов и зон влияния котлована; 2 - порядок размещения деформационных марок на основе геомеханического расчета; 3 - выбор соответствующих приборов, отвечающих точности измерений.

Таким образом, автор активно используются данные геомеханических расчетов.

Следуя разработанной схеме и предложенной методике, автор получил погрешность определения положения деформационных марок около 0,7 мм с одной станции наблюдения, что соответствует требованию межгосударственного стандарта. В то же время автор показал возможность достижения большей точности при использовании двух станций наблюдения и метода наименьших квадратов для обработки данных. Повышая точность, автор уверяет, что требуемая точность измерений может поддерживаться в течение всего периода наблюдения (мониторинга). Таким образом, третье положение также можно считать обоснованным.

Выводы и рекомендации, предложенные автором, базируются на обоснованных научных положениях и корректно обобщены для различных условий. Апробация результатов исследования проведена при участии в 5 международных форумах.

Результаты диссертационной работы в достаточной степени освещены в 8 печатных работах, в том числе в 3 статьях – в изданиях из перечня рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук (далее – Перечень ВАК), в 3 статьях – в изданиях, входящих в международные базы данных и системы цитирования Scopus и Web of Science. Получено 1 свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ. Количество публикаций, их уровень и апробация результатов работы свидетельствуют о достаточно высоком уровне работ их известности и одобрении.

Диссертация состоит из оглавления, введения, 4 глав с выводами по каждой из них, заключения и списка литературы, включающего 164 наименования. Диссертация изложена на 193 страницах машинописного текста, содержит 47 рисунков, 22 таблицы и 5 приложений. Научные положения, выводы и рекомендации исследований, изложенные в автореферате и диссертации, соответствуют друг другу.

Достоверность исследований обеспечена необходимым объемом фактических измерений по разработанной методике наблюдений, обоснованностью теоретических расчетов, согласованностью результатов с

альтернативными исследованиями, применением сертифицированного оборудования, приборов и программного обеспечения, а также контрольными замерами независимых экспертов.

Научная новизна диссертации Хатум Хабиб Мазен состои следующем: разработаны модели, программная алгоритмизация вычислений и получена зависимость точности всех пунктов деформационной сети от ее конфигурации; разработан алгоритм построения деформационной сети с учетом предварительной оценки деформированного состояния объекта мониторинга и зоны его влияния; разработан алгоритм расчета вида деформаций на основе сравнения остаточных матриц при повторных циклических измерениях.

Замечания

1. На наш взгляд рисунок 1.5 в диссертации не раскрывает схему обеспечения стабильности исходного пункта.

2. Ряд понятий и формул, приведенных в диссертации, являются общеизвестными и не требуют детального раскрытия, например, понятия геометрического и тригонометрического нивелирования и их формулы (1.2), (1.3) и ряд других.

3. В диссертационной работе недостаточно полно обоснован выбор роботизированного электронного тахеометра. Недостаточно ясно, что принципиально измениться в предлагаемой методике и схеме измерений, если наблюдения выполнять обычным электронным тахеометром с тех же станций наблюдений?

4. Не раскрыто новое, введенное в диссертации понятие «квазиопорная точка». В чем отличие квазиопорной точки от опорного геодезического пункта, стабильность которого при геодезическом мониторинге необходимо контролировать каждый цикл наблюдений?

5. На стр. 63 диссертации автор представляет использование метода наименьших квадратов для априорной оценки точности определения положения станции электронного тахеометра как разработанный метод, что является не совсем корректным. Возможно, следовало бы больше внимания уделить непосредственно методике оптимизации выбора места расположения станции электронного тахеометра на основе анализа результатов оценки точности определения ее положения.

6. На стр. 72 диссертации не раскрыты параметры формулы определения остаточной матрицы, не представлен пример расчёта остаточных матриц, что затрудняет понимание.

7. При оценке точности положений пунктов деформационной сети, требуемой точности можно было добиться и при использовании 3-х или 4-х опорных точек. Какова была цель использования 6 и 8 точек?

8. На наш взгляд, представленный в разделе 4.2 пример расчета ожидаемых горизонтальных смещений в ПК «Котлован» не достаточно показательный для проектирования деформационной сети, т.к. величины расчетных смещений слишком малы, меньше точности измерений.

9. При строительстве в условиях плотной городской застройки, основное внимание геотехнического мониторинга обращено на контроль деформаций окружающей застройки и в первую очередь на вертикальные деформации. В диссертационной работе акцент делается только на контроль горизонтальных смещений окружающий выемку грунтовый массив.


Следует отметить, что приведенные замечания не существенно влияют на общий достойный уровень диссертации.

Заключение

Диссертация «Геодезический мониторинг деформаций приповерхностных сооружений метрополитена на основе автоматизированного и перманентного их контроля», представленная на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 25.00.32 - Геодезия, соответствует требованиям раздела 2 «Положения о присуждении ученых степеней» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет», утвержденного приказом ректора Горного университета от 20.05.2021 № 953 адм, а ее автор – Хатум Хабиб Мазен – заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 25.00.32 - Геодезия.

Официальный оппонент:

Кандидат технических наук, доцент,
кафедра «Инженерная геодезия»,
федеральное государственное
бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Петербургский государственный
университет путей сообщения
Императора Александра I»



Афонин
Дмитрий Андреевич

Тел: (812) 457-85-38, (812) 436-97-99
e-mail: afonin@pgups.ru.

«12» 05 2022 года

Подпись Афонаина Дмитрия Андреевича заверяю

Ученый секретарь совета университета
кандидат технических наук, доцент

«12» 05 2022 года



Колодкин Олег Владимирович

A handwritten signature in black ink, which appears to be 'Kolodkin', written over the printed name.

Официальный адрес организации:
190031, г. Санкт-Петербург Северо-Западный федеральный округ,
Московский пр., д. 9.